

## Знаете ли Вы, что...

- Мы живём на дне воздушного океана, представляющего собой смесь главным образом двух газов. На 4/5 эта смесь (по объёму) состоит из азота, а на 1/5 – из кислорода. Процентное содержание этих газов не изменяется в пределах высот примерно до 1000км.
- В 2000 году Международная гидрографическая организация приняла деление на пять океанов (Тихий, Атлантический, Индийский, Северно-ледовитый и Южный – вокруг Антарктиды), но это решение так и не было ратифицировано. В действующем определении океанов от 1953 года Южного океана нет. (Так что, «Путешествие на дно пятого – воздушного океана» это не ошибка Театра Занимательной Науки).
- Атмосфера (от др.-греч. «пар» и «шар») – газовая оболочка (геосфера), окружающая планету Земля. Её внешняя часть граничит с околоземной частью космического пространства. Толщина атмосферы – примерно 2000-3000 км от поверхности Земли. Суммарная масса воздуха в атмосфере –  $(5,1-5,3) \times 10^{18}$  кг. Из них масса сухого воздуха составляет  $5,1352 \pm 0,0003 \times 10^{18}$  кг, общая масса водяных паров в среднем равна  $1,27 \times 10^{16}$  кг.
- Земля и воздух неотделимы. Если бы земная атмосфера не перемещалась вместе с Землей, то многие путешествия было бы весьма просто совершить. Достаточно было бы подняться над земной поверхностью на воздушном шаре и опуститься тогда, когда нужный участок Земли будет под воздушным шаром.
- Высота над уровнем моря, которая условно принимается в качестве границы между атмосферой Земли и космосом. В соответствии с определением международной авиационной федерацией, линия Кармана находится на высоте 100 км над уровнем моря.
- Во времена Иогана Кеплера (начало XVIIв.) воздух считали невесомым. А вот знаменитый учёный Галилео Галилей более 300 лет назад, к всеобщему изумлению, взял... да и взвесил воздух. Оказывается, масса атмосферы примерно в миллион раз меньше массы Земли!
- Если бы, например, потребовалось перевезти груз, равный весу земной атмосферы, из Москвы в Санкт Петербург и если бы каждый поезд имел 100 вагонов и проходил весь путь за 10 часов, то надо затратить на перевозку этого груза почти 4 млрд. лет.
- Что весит больше – пища, потребляемая человеком за сутки, или воздух, который он вдыхает за этот же период времени? Вес воздуха, вдыхаемого и выдыхаемого человеком в течение суток, подсчитать несложно. При каждом вдохе человек вводит в свои легкие около полулитра воздуха. Делается это в среднем 16 раз в минуту. Значит, за одну минуту в теле успевает побывать около 8л воздуха. В час это составляет приблизительно 480л, а в сутки – 11500л. Такой объем воздуха при нормальном давлении имеет массу около 14кг. Таким образом, за сутки человек проводит через свое тело гораздо больше воздуха, чем пищи: в среднем за это время тело потребляет около 3кг пищи (твердой и жидкой). Впрочем, если учесть, что вдыхаемый воздух состоит на 80% из бесполезного для дыхания азота, то окажется, что суточный вес остальных его компонентов приблизительно равен суточному весу потребляемой пищи. Приведенные оценки – убедительный аргумент в пользу необходимости достаточно частого обновления воздуха в жилом помещении.
- Атмосфера давит на спину ( $S > 0,2 \text{ м}^2$ ), лежащего на пляже человека с силой, большей  $F = p_0 S = 20000 \text{ Н}$ , что соответствует камешку массой 2т.
- Слоны используют атмосферное давление всякий раз, когда хотят пить.

- Наибольшее значение скорости ветра вблизи земной поверхности, соответствующее сильнейшим ураганам, не превышает 60-70м/с, что на порядок ниже скорости (средней квадратичной) молекул воздуха (500м/с).
- Там, где атмосфера постепенно переходит в безвоздушное межпланетное пространство, понятия температуры и давления постепенно утрачивают смысл (т.к. эти величины имеют статистический характер).
- Земную атмосферу условно делят на пять сфер, получивших названия (в направлении от земной поверхности): тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера и экзосфера.
- Верхняя граница тропосферы находится на высоте 8-10км в полярных, 10-12км в умеренных и 16-18км в тропических широтах; зимой ниже, чем летом. Это нижний, основной слой атмосферы, он содержит более 80% всей массы атмосферного воздуха и около 90% всего имеющегося в атмосфере водяного пара. В тропосфере сильно развиты турбулентность и конвекция, возникают облака, развиваются циклоны и антициклоны. Температура убывает с ростом высоты со средним вертикальным градиентом  $0,65^{\circ}/100\text{м}$ .
- Стратосфера («второй этаж») простирается до высоты 50км. На её долю приходится остальные 20% массы атмосферы. На долю мезосферы – 0,3%, а на долю термосферы – 0,05%. Таким образом, почти вся масса атмосферы содержится в 50-километровом слое воздуха, прилегающем к земной поверхности. Естественно, что этот слой воздуха, и прежде всего его нижняя часть, т.е. тропосфера, определяет погоду на планете.
- В мезосфере (50-100км) сгорает большинство метеоритов, падающих на Землю из космоса. Метеорное тело входит в атмосферу Земли на скорости от 11 до 72км/с. На такой скорости начинается его разогрев и свечение. За счёт обгорания и сдувания набегающим потоком частиц вещества масса тела, долетевшего до поверхности, значительно уменьшается. Например, небольшое тело, вошедшее в атмосферу Земли на скорости 25км/с и более, сгорает почти без остатка. При такой скорости вхождения в атмосферу из десятков и сотен тонн начальной массы до поверхности долетает всего несколько килограммов или даже граммов вещества.
- Плотность воздуха очень быстро уменьшается по мере подъёма от поверхности Земли. Поэтому для жизни подходит лишь тонкий слой атмосферы, не выходящий за пределы тропосферы. Уже на высоте 5км над уровнем моря у нетренированного человека возникает кислородное голодание. По достижении 12-15км дыхание становится невозможным. На высоте около 20км атмосферное давление снижается до 0,05атм. (40мм.рт.ст.). При таком давлении во внешней среде вода и межтканевая жидкость в организме человека закипают. Поэтому почти мгновенно наступает смерть, если вдруг произойдёт разгерметизация скафандра или космической капсулы.
- По мере увеличения высоты поднятия над Землёй постепенно ослабевают, а затем и вовсе исчезают хорошо знакомые нам явления – например, распространение звука в воздухе, возникновение аэродинамической подъёмной силы и сопротивления, теплопередача посредством конвекции. На высотах за пределами стратосферы практически невозможен управляемый аэродинамический полёт.
- Если рассчитать дальность полёта пули, выпущенной из автомата ( $V_0=830\text{м/с}$ ) под углом  $45^{\circ}$  методами школьной физики, то получится результат 68,9км. Реально же, с учётом сопротивления воздуха, пуля улетит всего лишь на 3,5км!
- В среднем, облака покрывают около половины земного шара.
- Согласно современной классификации в тропосфере существует 10 основных форм облаков, различающихся внешним видом и структурой.

- В начале XXв. учёные предположили, что вокруг Земли существует ионизированный слой атмосферы, способный подобно своеобразному зеркалу отражать радиоволны. И чуть позже (в 20-х годах) наличие ионосферы – «волшебного зеркала планеты» было подтверждено экспериментально.
- Отражаясь попеременно от слоя ионосферы и земной поверхности, радиоволны могут огибать земной шар огромными скачками в сотни и тысячи километров.
- Состояние ионосферы постоянно изменяется: днём максимальная концентрация электронов приходится на высоту 350км, ночью – на 400км. И это понятно, ведь образование заряженных частиц в атмосфере происходит под воздействием ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца.
- Под воздействием солнечного излучения в стратосфере (на высотах 10-30км) образуется «волшебный щит планеты» – озон ( $O_3$ ). Если мысленно собрать молекулы озона, чтобы они создавали нормальное атмосферное давление, то толщина озонового слоя получится всего лишь 3мм. Эти миллиметры защищают биосферу Земли (всё живое) от губительного для неё ультрафиолетового излучения (в диапазоне от 200 до 320нм). Без этого щита жизнь на планете Земля была бы невозможна.
- По новейшим данным (полученным с помощью ракет) на границе атмосферы за 1с через площадь в  $1м^2$  и перпендикулярно ей проходит  $1390Вт/м^2$  энергии солнечного излучения. Эта величина называется «солнечной постоянной». (Нетрудно оценить энергию, поступающую каждую секунду на освещённую половину земного шара:  $E = \pi R_z^2 \times 1380Вт/м^2 \approx 1,8 \times 10^{17} Дж/с$ . Для сравнения: энергия, выделившаяся при взрыве атомной бомбы на атолле Бикини в 1946г, составляла примерно  $10^{12} Дж$ .)
- Треть энергии, приходящей от Солнца отражается от атмосферы и земной поверхности, а остальные 2/3 поглощаются землёй и её атмосферой. Поглощая излучение, тела нагреваются, а остывая, испускают собственное инфракрасное излучение. Тепловое излучение, испускаемое, таким образом, земной поверхностью в значительной степени поглощается нашей атмосферой, за счёт чего происходит дополнительный подогрев планеты – это парниковый эффект.
- В настоящее время среднесезонная температура земной поверхности равна  $+15^\circ C$ . Расчёты показывают, что если бы не было парникового эффекта, то средняя температура земной поверхности была бы на  $33^\circ C$  ниже, т.е. равнялась бы  $-18^\circ C$ . Для существования жизни на Земле наличие парникового эффекта является счастливым обстоятельством. Без него земная поверхность была бы сильно переохлаждена, её средняя температура была бы на  $20^\circ C$  ниже точки замерзания воды. Вряд ли оказалось бы возможным развитие растительного мира на суше.
- Преодолевая силу тяжести, мощная тепловая «машина», приводимая в движение энергией Солнца, ежегодно поднимает с поверхности всего земного шара в атмосферу 511 тысяч кубических километров воды. 411 тысяч кубических километров поднимается с одной только поверхности океана.
- Температура поверхности Венеры –  $480^\circ C$ . Факт, объясняемый парниковым эффектом: уж очень хорошо углекислый газ мощной атмосферы поглощает тепло, излучаемое планетой.
- За последние 200 лет концентрация углекислого газа в воздухе нашей планеты возросла на 25%, а метана на 60%. По данным многолетних наблюдений выявлена тенденция – потепление климата на  $0,55^\circ C$  за 100 лет. Это повышение температуры связывается с усилением парникового эффекта в результате возрастания концентрации в атмосфере техногенных парниковых газов.
- Наличие или отсутствие атмосферы у планеты определяется двумя факторами: силой тяготения планеты (которая определяется её массой и размером) и температурой (от которой зависит тепловое движение молекул).

- От 4,5 до 4млрд лет назад (в катархее) земная («первичная») атмосфера была, по-видимому, водородно-гелиево-азотной. Эта атмосфера – наследие образования солнечной системы. Возникнув, из газо-пылевого облака, большинство планет и наиболее крупные спутники немедленно обзавелись атмосферами, «позаимствовав» газы из ближайших областей протопланетного облака. Если не принимать во внимание азот, то можно говорить о сходстве земной атмосферы катархее с сегодняшней атмосферой Юпитера, разумеется, не по плотности, а только по химическому составу.
- От 4 до 2,5млрд лет назад (в архее) земная атмосфера была углекислотной с добавлением азота. Связано это с тем, что 4млрд лет назад земные недра сильно прогрелись благодаря гравитационному сжатию и началась активная дегазация недр, сопровождавшаяся активной вулканической деятельностью. В результате давление атмосферы у поверхности Земли в течение миллиарда лет поднялось до 5-6атм, и её основным компонентом стал углекислый газ. Земная атмосфера в архее была похожа на сегодняшнюю атмосферу Венеры.
- Атмосфера Венеры состоит в основном из углекислого газа (96%) и азота (почти 4%). Венерианская атмосфера содержит в 105 раз больше газа, чем Земная. Давление у поверхности достигает 93атм, температура – 750К (475°C). Это превышает температуру поверхности Меркурия, находящегося вдвое ближе к Солнцу. Причиной столь высокой температуры на Венере является парниковый эффект, создаваемый плотной углекислотной атмосферой. Плотность атмосферы Венеры у поверхности всего в 14 раз меньше плотности воды. Интересно, что, несмотря на медленное вращение планеты, перепада температур между дневной и ночной стороной планеты не наблюдается – настолько велика тепловая инерция атмосферы. Атмосфера Венеры простирается до высоты 250км. Облачный покров расположен на высоте 30-60км и состоит из нескольких слоёв. Химический состав облаков пока не установлен. Предполагается, что в них могут присутствовать капельки концентрированной серной кислоты, соединения серы и хлора. Атмосферу на Венере открыл М. В. Ломоносов 6 июня 1761 года (по новому стилю). Практически вся её атмосфера вовлечена в один гигантский ураган: она вращается вокруг планеты со скоростью, достигающей 120-140м/с у верхней границы облаков. Учёные пока совершенно не понимают, как это происходит, и что поддерживает это мощнейшее движение.
- От 2,5 до 0,5млрд лет назад (в протерозое) земная атмосфера была азотной и походила на сегодняшнюю атмосферу Титана (спутника Сатурна), но без метановой добавки.
- От 0,5млрд лет назад по настоящее время (в фанерозое) атмосфера стала азотно-кислородной. Она уникальна, поскольку во всей Солнечной системе только на Земле возникла и эволюционировала жизнь.
- Жизнь на Земле возникла естественным путём из неорганической материи. После возникновения жизнь не могла обходиться без кислорода, но возникнуть она могла только в бескислородной среде.
- Накопление кислорода в атмосфере началось в раннем протерозое и происходило двумя способами: за счёт фотосинтеза и расщепления молекул воды жёстким солнечным излучением.
- В периоды, когда наличие кислорода в атмосфере было максимальным, возникли крупные крылатые насекомые (крылья стрекозы достигали метра в длину) и крупные птерозавры (летающие ящеры). Но когда максимумы кислорода сменились минимумами, вымерли и те и другие.
- Атмосфера Земли возникла в результате выделения газов при вулканических извержениях. С появлением океанов и биосферы она формировалась и за счёт газообмена с водой, растениями, животными и продуктами их разложения в почвах и болотах.

- Флюгер, как предполагают, – один из наиболее древних метеорологических приборов. Ещё около двух тысяч лет назад идея устройства «ветроуказателя» была занесена с Востока в Европу, в древней Японии и Китае флюгер имел вид дракона. В средневековых европейских городах стало обычаем украшать шпили высоких зданий флюгером, изображающим петуха. Приборы эти получили название «петухов погоды», так как за переменной ветра часто следовала перемена погоды.
- Роза ветров – это векторная диаграмма, характеризующая режим ветра в данном месте по многолетним наблюдениям. Длины лучей, расходящихся от центра диаграммы в разных направлениях, пропорциональны повторяемости ветров этих направлений. Розу ветров учитывают при планировке населенных мест (целесообразной ориентации зданий).
- Все морские течения порождаются глобальными ветрами: пассатами и западными ветрами.
- Циклон – это область пониженного приповерхностного атмосферного давления, её размеры могут достигать в поперечнике 2-3 тысячи км. Воздушные потоки устремляются в эту зону, а достигнув её – поднимаются в верхнюю тропосферу. Подъём влажных воздушных масс приводит к образованию мощной облачности и интенсивным осадкам. Так что, падение атмосферного давления – верный признак того, что вскоре погода испортится.
- Антициклон – это область повышенного приповерхностного атмосферного давления. Приповерхностные ветры растекаются от центра к периферии. В центр же антициклона из верхней тропосферы опускаются воздушные массы, принося с собой сухую малооблачную погоду. Так что, повышение атмосферного давления – признак хорошей погоды.
- Интересно, что именно сила Кориолиса, возникающая из-за вращения Земли, определяет направление вращения вихрей циклонов, которые мы наблюдаем на снимках, полученных с метеоспутников. Изначально воздушные массы начинают прямолинейно устремляться из областей высокого атмосферного давления в области пониженного атмосферного давления, однако сила Кориолиса заставляет их закручиваться по спирали. В Северном полушарии вихри циклонов кажутся закрученными против часовой стрелки, а в Южном – по часовой стрелке.
- Циклоны возникают не только в атмосфере Земли, но и в атмосферах других планет. Например, в атмосфере Юпитера уже почти 350 лет наблюдается так называемое Большое красное пятно (БКП), которое является, по всей видимости, долгоживущим ураганом-антициклоном. БКП имеет гигантские размеры: 24-40 тыс. км в длину и 12-14 тыс. км в ширину (существенно больше Земли). Размеры пятна постоянно меняются, общая тенденция – к уменьшению; 100 лет назад БКП было примерно в 2 раза больше и значительно ярче. Газ в БКП вращается против часовой стрелки с периодом оборота около 6 земных суток. Скорость ветра внутри пятна превышает 500 км/ч. Красный цвет БКП пока ещё не нашёл однозначного объяснения. Возможно, такой цвет придают пятну химические соединения, включающие фосфор.
- Великий тайфун 1281г. уничтожил, по мнению историков, флот Хубилая, потомка Чингизхана, и тем самым предотвратил завоевание монголами Японии. Пожалуй, это был единственный в истории случай, когда тропический циклон сыграл положительную роль.
- Ежегодно на земном шаре возникает 70-80 тропических циклонов. Примерно  $\frac{3}{4}$  этих циклонов зарождаются и перемещаются в Северном полушарии и  $\frac{1}{4}$  – в Южном. Наибольшее число таких циклонов приходится на конец лета и осень; в зимнее время они обычно не зарождаются.
- Родина тропических циклонов – полосы от  $5^\circ$  до  $25^\circ$  по обе стороны от экватора.
- Тайфуны и ураганы, как правило, не пересекают Экватор. Спасибо силе Кориолиса!

- По современным оценкам, кинетическая энергия воздуха внутри тропического циклона составляет  $10^{17}$ - $10^{18}$  Дж. Можно только радоваться, что в своей ярости тайфун бушует над широкими пустынными просторами океана, лишь изредка обрушиваясь на сушу.
- Если бы Земля не вращалась и циклонические массы не кружились в течение нескольких суток, а за какие-то минуты освобождали накопленную энергию, то это привело бы к грандиозным катаклизмам. Стоит поблагодарить тайфуны и ураганы за то, что они позволяют постепенно «выпускать пар». Они являются «предохранительными клапанами» – грубым и примитивным средством природы, предназначенным для того, чтобы сбрасывать давящий груз жары.
- Тропический циклон – циклон, образовавшийся в тропических широтах – атмосферный вихрь с пониженным атмосферным давлением в центре. В отличие от внетропических циклонов, часто сопряжён со штормовыми скоростями ветра. В мире ежегодно наблюдается около 80 тропических циклонов. Для формирования тропического циклона необходима высокая температура воды, сила тропических циклонов намного больше, чем внетропических. На Дальнем Востоке и в Юго-Восточной Азии тропические циклоны называются тайфунами, а в Северной и Южной Америке – ураганами, по имени индейского бога ветра *Huracan*. Принято считать, согласно шкале Бофорта, что *шторм* переходит в *ураган* при скорости ветра более 117 км/ч.
- В течение года на земном шаре во время грозы или перед грозой в жаркие дни возникает около 1500-2000 смерчей. Примерно половина из них приходится на территорию США.
- В США существует так называемая аллея торнадо – полоса наиболее частых смерчей, проходящая через штаты Техас, Оклахома, Канзас, Миссури.
- В момент, когда смерч задевает дом, давление воздуха внутри него оказывается существенно больше, чем снаружи (внутри смерча) и здание взрывается изнутри.
- При прохождении смерча взрываются самые различные предметы – автомобильные камеры, закрытые бидоны, даже консервные банки. Один фермер из Массачусетса был смертельно перепуган тем, что, когда он попал в полосу торнадо, у него в корзине начали взрываться куриные яйца. Хорошо знакома и такая картина: пронесется разрушительный торнадо, и среди пострадавших остаются живые, но полностью оципаные куры. Причина столь поразительного на первый взгляд явления, по существу, проста. В основании куриных перьев, в коже, находятся своеобразные воздушные мешочки. Резко пониженное давление воздуха в зоне смерча приводит к тому, что воздушные мешочки взрываются и выбрасывают перья.
- Одного лишь низкого давления в смерче недостаточно, чтобы он мог действовать подобно мощной вытяжной трубе. Сам по себе не смог бы поднять воду по трубе смерча выше 10 м (вспомните известный опыт Торричелли). Для подъёма воды (и не только её) на высоту материнского облака необходимо мощное восходящее вихревое движение воздуха внутри трубы смерча.
- В 1940 году в деревне Мещеры Горьковской области наблюдался дождь из серебряных монет. Оказалось, что во время грозового дождя на территории Горьковской области был размыв клад с монетами. Проходивший поблизости смерч поднял монеты в воздух и выбросил их у деревни Мещеры.
- Известен случай, когда налетевший смерч поднял в воздух корову, а женщина, доившая её, так и осталась сидеть на месте, и возле неё стояло ведро с молоком. Подобных удивительных случаев наблюдалось немало. Из двух, находящихся рядом объектов один уносится смерчем, а другой остаётся совершенно невредимым. Это означает, что вихри в смерче весьма чётко локализованы. Вне стенке смерча, снаружи, они отсутствуют.

- Тайфунам и ураганам принято давать женские и мужские имена.
- Никто точно не знает, какова скорость ветра внутри смерча. Непосредственно скорость ветра можно измерить только в слабых торнадо, потому что более мощные торнадо уничтожают метеорологические приборы. Максимальная скорость ветра (около 512 км/ч) была дистанционно измерена с помощью передвижного радара Доплера 3 мая 1999 года недалеко от Оклахома-Сити.
- Установлено, что смерчи в одном и том же полушарии вращаются как по, так и против часовой стрелке. Таким образом, возникновение вихрей в смерчах не связано с вращением Земли вокруг своей оси (в отличие от тропических и нетропических циклонов).
- Хобот смерча удерживается под материнским облаком и не отваливается от него, так как притягивается к нему электростатическими силами.
- Исчерпывающее объяснение физики зарождения смерчей пока отсутствует. Последовательная теория смерча должна учитывать не только механические и тепловые явления, но также явления электромагнитные. Уместно заметить, что в годы активного Солнца, когда магнитосфера Земли испытывает сильные возмущения, количество торнадо в США возрастает до 1300, тогда как в обычные годы наблюдается в среднем 800 торнадо в год.
- В среднем, облака покрывают около половины земного шара.
- В толковом словаре В.И. Даля дано короткое и в то же время вполне точное определение облака: «Облако – туман в высоте». Как и туманы, облака представляют собой взвесь в атмосферном воздухе мелких водяных капель (наряду с ними в облаках могут находиться также маленькие кристаллики льда).
- Длительность существования облака объясняется, во-первых, малыми скоростями падения облачных частиц (так капли радиусом 1-10мкм падают со скоростью порядка 0,1-1см/с) и, во-вторых, наличием восходящих воздушных потоков, которые поддерживают частицы.
- В метеорологии применяют приближенную формулу Ферреля:  $H=120(T_0-T_p)$ , где  $H$  – высота, по достижении которой в поднимающемся воздухе начинается конденсация пара, определяет нижнюю границу формирующегося облака;  $T_0$  – начальная температура воздуха, поднимающегося от поверхности земли;  $T_p$  – его точка росы.
- Над Экватором небо почти всегда затянуто облаками.
- Засеивание облаков твёрдой углекислотой, йодистым серебром (и другими веществами) с самолётов решает несколько задач: рассеяние облаков, стимулирование выпадения осадков и предотвращение выпадения града. Метод основан на том, что, попавшие в облако частицы указанных веществ, играют роль ядер кристаллизации – центров, на которых образуются маленькие кристаллы. Они быстро укрупняются и выпадают из облака, таким образом, облачность рассеивается.
- В воздушных потоках внутри облака неизбежны процессы дробления, как водяных капель, так и кристалликов льда. При этом более мелкие (а значит, более лёгкие) капли и кристаллы заряжаются, как правило, положительно, а более крупные (более тяжёлые) – отрицательно. Восходящие воздушные потоки поднимают к вершине облака главным образом мелкие частицы и тем самым заряжают верхнюю часть облака положительно. Крупные же частицы падают к основанию облака, заряжая его нижнюю часть отрицательно.
- В древнеиндийском поэтическом сборнике «Семьсот стихотворений», создание которого датируется III-VII вв., есть четверостишие:

*Слышите, как надрываются  
Там грозовые могучие тучи,  
Землю верёвками ливней*

*Пытаясь поднять в поднебесье?*

В нём интересна мысль о существовании сил притяжения между тучей и землёй. Такие силы действительно есть – это силы электрического притяжения, действующие между отрицательно заряженной нижней частью облака и наведённым положительным зарядом – на земле под тучей.

- Во время грозы напряжённость электрического поля под грозовым облаком превышает  $10^4$  В/м, причём направлено поле не вниз (как в случае хорошей погоды), а вверх.
- Во времена парусников на концах мачт и прямых рей часто наблюдали огни Святого Эльма (покровителя моряков), когда над морем сгущались тучи, предвещавшие грозу. Древнеримский философ Луций Сенека говорил, что во время грозы «звёзды как бы нисходят с неба и садятся на мачты кораблей». Это кажущееся необычным явление не что иное как коронный разряд в атмосфере. При таком разряде из различных острых выступов наземных предметов (шпилей, корабельных мачт, башен и т.п.) начинают выскакивать одна за другой маленькие электрические искры. Если искр много и процесс длится относительно долго, мы видим голубоватое сияние, похожее на языки пламени.
- Линейная молния – гигантский (длиной до нескольких километров) искровой разряд в атмосфере. Чтобы получить искровой разряд в лаборатории – необходимо довести напряжённость электрического поля между электродами до  $3 \times 10^6$  В/м. В природе роль таких электродов играют грозовые облака и находящийся под ними участок земной поверхности. Природная молния возникает при напряжённости на порядок меньшей, чем в лаборатории. Учёные выяснили, что решающую роль в образовании линейных молний играют высокоэнергетичные заряженные частицы космических лучей, которые непрерывно облучая атмосферу, ионизируют воздух и увеличивают его проводимость.
- Чаще всего наблюдаются внутриоблачные и межоблачные молнии: на них приходится 60% всех линейных молний. Количество молний облако-земля составляет 40%; из них 90% - нисходящие молнии и только 10% – восходящие.
- Разряд молнии длится всего лишь 0,2с, а гром слышится в течение нескольких секунд. Причин тому две. Во-первых, молния имеет большую длину, и звук от разных её участков доходит до нас в разные моменты времени. А во-вторых, происходит отражение звука от облаков – возникает эхо.
- Гроза в Египте бывает всего один раз в 200 лет.
- Молнии приносят пользу. В своем «молниеносном» полёте они успевают выхватить из воздуха миллионы тонн азота, «связать» его и направить в землю. Это бесплатное удобрение обогащает почву, на которой растут злаки.
- Старинной кладки колодец, «предсказывающий» погоду, имеется на плато Устюрт, в Казахстане. Перед дождем, туманом или снегопадом он втягивает в себя воздух, а в погожий, сухой солнечный день, наоборот, выталкивает его наружу. Если в этот момент кинуть в колодец шапку, она, не достигнув воды, вылетит обратно. Колодец-феномен, выложенный долбленными известковыми плитами, служит местным чабанам природным барометром. Он исправно оповещает их о приближающемся ненастье.
- В 1871г. английский физик Рэлей объяснил голубой цвет неба рассеиванием солнечного света на случайно возникающих макроскопических сгущениях и разряжениях воздуха. Всё дело в том, что короткие синие световые волны рассеиваются примерно в 16 раз лучше, чем длинные – красные ( $I \sim 1/\lambda^4$ ).
- Ещё во Пв. Птолемея указывал на то, что искривление световых лучей в атмосфере (рефракция) должно отсутствовать для лучей, идущих от объекта, находящегося в

зените, и постепенно увеличиваться, по мере того, как объект приближается к линии горизонта.

- Когда, любуясь на морском берегу солнечным закатом, видим, как нижний край светила коснулся линии горизонта, мы обычно не осознаём, что в действительности весь солнечный диск уже находится за горизонтом. Этот факт уже в XIV. Объяснял видный арабский учёный Ибн Аль-Хайтан (известный в Европе под именем Альхазена), он отмечал, что вследствие рефракции света длительность дневной части суток немного возрастает.
- Иногда, счастливому наблюдателю солнечного заката может предстать редкое зрелище – яркий зелёный свет вспыхивает на несколько секунд, когда почти весь солнечный диск скрылся за горизонтом. Французский писатель Жюль Верн написал роман «Зелёный луч», в котором описал приключения путешественников, занятых поисками зелёного луча.
- Из средних веков дошла до нас легенда о летучем голландце – корабле-призраке, встреча с которым в океане якобы предвещала несчастье. Эту легенду породил суеверный страх, охватывающий матросов, когда в тихую штилевую погоду перед ними вдруг возникало видение – бесшумно несущийся на всех парусах корабль. А такие видения действительно возникали. Кораблём-призраком оказывался реальный корабль, который в это время нёсся по волнам где-то далеко, за тысячи километров. Это был мираж сверхдальнего видения.
- Радуга в небе всегда воспринималась как добрая предвестница. Слово «радуга» содержит славянский корень «радъ», что означает «весёлый». На Украине радугу называют «вэсэлкой» (от слова «веселье»). Существует поверье, будто в том месте, где радуга как бы уходит одним концом в землю, можно откопать горшок с золотом. А чтобы до окончания жизни быть счастливым и удачливым, достаточно хотя бы раз пройти под радугой босиком. Однако, никому ещё не удалось пройти под радугой и никто не смог приблизиться к её кажущемуся концу.
- Из самолёта, находящегося высоко в небе, можно увидеть радугу в виде полной окружности.
- Иногда в небе «встаёт» несколько Солнц и Лун. Так у Дж. Лондона есть рассказ «Тропой ложных солнц». В нём мы читаем: «По обе стороны солнца стояли ложные солнца, так что в небе их было сразу три. В воздухе от мороза алмазная пыль...» Последняя фраза объясняет природу феномена. Это, родственное радуге, но более редконаблюдаемое явление, называется гало.
- Богиню утренней зари древние римляне называли Авророй. С её именем они связывали полярные сияния. Ведь подобно утренней заре эти сияния были окрашены в розовые и красные цвета. С лёгкой руки римлян термин «аврора» закрепился в научной литературе; все явления, связанные с полярными сияниями, принято называть теперь авроральными явлениями.
- М.В. Ломоносов откачивал из стеклянных шаров часть воздуха и воспроизводил внутри них электрические разряды. «Как может быть, чтоб мёрзлый пар, среди зимы рождал пожар?» Он полагал, что природа полярного сияния такая же, как и свечение газового разряда. Ломоносов писал: «Возбуждённая электрическая сила в шаре, из которого воздух вытянут, внезапно лучи испускает, которые в мгновение ока исчезают, и в то же время новые на их месте выскакивают, так что непрерывное блистание быть кажется. В северном сиянии всполохи или лучи вид подобный имеют». Таким образом, хотя Ломоносову и не удалось установить природу полярного сияния, он всё же довольно близко подошёл к её пониманию.
- Вторгаясь в земную магнитосферу, частицы солнечного ветра (электроны и протоны) захватываются геомагнитным полем, закручиваясь вокруг его линий магнитной индукции. Вращаясь вокруг линий поля, электроны и протоны проникают в пределах

зон полярных сияний относительно глубоко в атмосферу – вплоть до высот порядка 100км. Сталкиваясь с атомами и молекулами атмосферного воздуха, частицы солнечного ветра ионизируют и возбуждают их, в результате чего возникает свечение люминесценции, которое, собственно говоря, и есть полярное сияние.

*Ах, как играет этот Север!  
Ах, как пылает надо мной  
Разнообразных радуг веер  
В его короне ледяной!  
Ему, наверно, по натуре  
Холодной страсти красота,  
Усилим магнитной бури  
Преображѐнная в цвета... (М.А. Дудин)*

- Наиболее убедительным доводом в пользу того, что мы понимаем какое-нибудь физическое явление, является его повторение в лаборатории. Это удалось сделать и для полярного сияния – создать его искусственно в лаборатории с масштабами нашей планеты. Этот эксперимент, получивший название «Аракс», начат в 1985г совместно советскими и французскими исследователями. В качестве лабораторий были выбраны две магнитосопряжѐнные точки на поверхности Земли (то есть две точки на одной и той же силовой линии магнитного поля). Ими были в южном полушарии французский остров Кергелен в Индийском океане и в северном полушарии посѐлок Согра Архангельской области. С острова Кергелен стартовала геофизическая ракета с небольшим ускорителем частиц, который на определённой высоте создал поток электронов. При движении вдоль магнитной силовой линии от Земли, которая над экватором была уже на расстоянии 20000км, эти электроны проникли в северное полушарие и вызвали искусственное полярное сияние над Согрой. К сожалению, облака не позволили визуально наблюдать это сияние с поверхности земли. Однако радарные установки чѐтко зарегистрировали его возникновение. Название «Аракс» составлено из первых букв французских слов Artificiel polaire aurora-Kergelen-Sogra, которые в переводе означают «искусственное полярное сияние-Кергелен-Согра». Эксперименты описанного типа не просто позволяют понять причины и механизм полярного сияния. Они дают уникальную возможность изучить структуру магнитного поля Земли, процессы в её ионосфере и влияние этих процессов на погоду вблизи земной поверхности. Особенно удобно выполнять такие эксперименты не с электронами, а с ионами бария. Оказавшись в ионосфере, эти ионы возбуждаются солнечным светом и начинают испускать излучение малинового цвета.

(По материалам книги Л.В. Тарасов, Атмосфера нашей планеты, – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 и не только)